

Vorrichtung zur variablen Betätigung der Gaswechselventile von Verbrennungsmotoren und Verfahren zum Betreiben einer derartigen Vorrichtung

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur variablen Betätigung der Gaswechselventile von Verbrennungsmotoren entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Derartige Vorrichtungen dienen dazu, die Steuerung von Gaswechselventilen so zu gestalten, dass es möglich wird, Hubkolbenmotoren ohne die sonst übliche Drosselklappe zu betreiben.

Eine derartige Vorrichtung ist beispielsweise aus der DE 101 23 186 A1 bekannt. Bei dieser Vorrichtung treibt ein umlaufender Nocken zunächst ein Zwischenglied an, welches eine oszillierende, reine Drehbewegung ausführt und eine Steuerkurve trägt, die aus einem Rastbereich und einem Hubbereich zusammengesetzt ist. Die Steuerkurve überträgt die zur Betätigung des Ventils notwendige Hubkurve auf die Rolle eines schleppebelartigen Abtriebsgliedes, welches seinerseits das Ventil betätigt. Die gewünschten unterschiedlichen Ventilhubkurven werden dadurch erzeugt, dass das Drehzentrum des Zwischengliedes auf einer kreisbogenförmigen Bahn verschoben wird, die zur Rolle des Abtriebsgliedes in deren Lage bei geschlossenem Ventil konzentrisch ist. Das Drehzentrum wird durch eine am Zwischenglied vorgesehene Rolle gebildet, die sich auf eine kreisbogenförmige Laufbahn im Gehäuse kraftschlüssig abstützt, die ebenfalls zur Rolle des Abtriebsgliedes konzentrisch liegt, also

eine Äquidistante zur Bahn des Drehzentrums bildet und die als Kulisse bezeichnet wird. Zusätzlich stützt sich die am Zwischenglied angebrachte Rolle an einer Kurvenscheibe ab, deren Winkelstellung die Lage des Drehzentrums auf seiner kreisbogenförmigen Bahn festlegt. Der Vorrichtung nach dem Stand der Technik haften allerdings noch einige Nachteile an.

Zunächst liegt die am Zwischenglied angebrachte Rolle an der Kulisse nur dann an, wenn die Gas- und Massenkräfte des Ventiltriebs entsprechend gerichtet sind und sich die Rolle an der Kulisse tatsächlich abstützt. Ist dies nicht der Fall, was etwa bei Überdrehzahl geschehen kann, so geht der Kraftschluss verloren und es tritt ein Abheben ein, was beim erneuten Aufsetzen zu Geräuschen und sogar zu Schäden führen kann. Hinzu kommt die verhältnismäßig schwierige Bearbeitung der Kulissen als Segmente eines Innenzylinders, die nicht durchgängig bearbeitet werden können und die ungenügende Härte gängiger Gehäusewerkstoffe für den Rolle-Kulisse-Kontakt. Bezüglich der Montage besteht ein Nachteil darin, dass das Steuergehäuse nicht komplett vormontiert auf den Zylinderkopf aufgesetzt werden kann.

Es sind weitere Vorrichtungen der gattungsgemäßen Art bekannt geworden, bei welchen der Drehmittelpunkt der vom Nocken angetriebenen Zwischenglieder auf einer Kreisbahn verstellt werden soll (OS 195 32 334 A1 ; EP 0717 174 A1 ; DE 101 64 493 A1). Die Vorveröffentlichungen enthalten jedoch keine Lehre zur konstruktiven Realisierung einer derartigen Verstellung.

Allen bekannten Vorrichtungen ist der Nachteil gemeinsam, dass toleranzbedingt die Ventilhubhöhe für die einzelnen Zylinder relativ immer unterschiedlicher ausfallen, je weiter diese zum Zwecke einer Laststeuerung herabgesetzt werden.

Die der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Aufgabe besteht darin, eine Vorrichtung zu schaffen, welche die Nachteile nach dem Stand der Technik vermeidet und eine sicherere Steuerung erlaubt.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen sind in den Ansprüchen 2 bis 20 beschrieben. Ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern unter Verwendung einer oder mehrerer erfindungsgemäßer Vorrichtungen wird in den Ansprüchen 21, 22 und 23 aufgezeigt.

Die Lösung sieht vor, dass die Drehmittelpunkte der vom Nocken angetriebenen Zwischenglieder durch Zwangsführungen, also formschlüssig auf der Verstellkurve geführt sind. Damit wird sichergestellt, dass der Drehmittelpunkt eines Zwischengliedes die Verstellkurve nicht verlassen kann, sodass Geräusche und Schäden, die auf ein Verlassen zurückzuführen wären, vermieden werden. Dieses Merkmal wird konstruktiv vorzugsweise dadurch realisiert, dass ein oder mehrere Zwischenglieder auf einem zylindrischen Bolzen, auf dessen Achse die Drehmittelpunkte liegen, gelagert sind und dass die Achse des Bolzens zwangsläufig auf der Verstellkurve geführt ist. Sofern die Wirkfläche am Abtriebsglied, auf welche die Steuerkurve des Zwischengliedes dessen Bewegung überträgt, kreiszyindrisch ist, also z.B. durch eine Rolle gebildet wird, ist von einer kreisbogenförmigen Verstellkurve auszugehen, deren Mittelpunkt mit dem Mittelpunkt der kreiszyindrischen Wirkfläche bzw. der Rolle zusammenfällt.

Eine solche Verstellkurve wird nach einem weiteren, erfindungsgemäßen Vorschlag durch Pendelstützen realisiert, die über ihr jeweils erstes Gelenk mit dem Zylinderkopf bzw. dem Steuergehäuse verbunden sind und mit ihrem jeweils zweiten Gelenk mit dem Bolzen. Dabei fällt die den zylinderkopfseitigen Gelenken gemeinsame Achse mit der Achse der genannten, zylindrischen Wirkflächen am Abtriebsglied zusammen, die der bolzenseitigen Gelenke mit der

Bolzenachse. Auf diese Weise wird erreicht, dass der Kraftfluss ausschließlich über flächige Berührstellen auf kürzestem Wege vom Bolzen zum Zylinderkopf bzw. zum Steuergehäuse verläuft. Insbesondere werden keine Kräfte über Hertzsche Pressung auf Zylinderkopf bzw. Steuergehäuse übertragen.

Falls zwischen den Abtriebsgliedern benachbarter Ventile, seien diese schlepphebelartig ausgebildet oder gerade geführt, nicht genügend Bauraum für die obige Lösung zur Verfügung steht, so kann der Bolzen bzw. seine Achse erfindungsgemäß auch mit aus Pendelstützen gebildeten Gelenkvierecken auf der Verstellkurve zwangsgeführt werden. Die auf diese Weise realisierbare Verstellkurve kommt der Kreisbogenform nahe und erfüllt diese im Auslegungspunkt exakt, wenn die Systemlinien sich im Mittelpunkt des Kreisbogens treffen. Die Abweichungen außerhalb des Auslegungspunktes werden durch hydraulische Spielausgleichselemente aufgenommen, die an den schlepphebelartigen oder auch geradegeführten Abtriebsgliedern vorzusehen sind.

In einer dritten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Führung des Bolzens durch einen im Steuergehäuse linear verstellbaren Schieber vorgesehen. Mit dieser Ausführungsform können weitere, spezielle Bau- raumanforderungen erfüllt werden. Es sind verhältnismäßig große Berührflächen zwischen Schieber und Steuergehäuse zu realisieren, sodass die Festigkeitseigenschaften des Gehäusematerials auf jeden Fall ausreichen. Als Verstellkurve ergibt sich eine Gerade, deren Abweichungen von der Kreisbogenform ebenfalls durch die Spielausgleichselemente aufgenommen werden.

Bei allen drei Ausführungsformen wird die Lage des Bolzens bzw. seiner Achse auf der jeweiligen Verstellkurve vorzugsweise durch die direkte oder indirekte Anlage an einer oder mehreren Kurvenscheiben festgelegt, die drehfest verbunden auf einer oder mehreren Verstellwellen angebracht sind. In einer weiteren Ausführungsform sind die Kurvenscheiben an einer axial verschiebbaren Verstellachse angebracht. Die Verstellwelle bzw. die Verstellachse kann ihrer-

seits über ein geeignetes Getriebe bzw. ein Verbindungselement von einem Verstellmittel, beispielsweise einem Verstellmotor, verdreht bzw. verschoben werden. Selbstverständlich kann die Verstellung auch durch Hydraulikelemente erfolgen. Im Falle der Führung des Bolzens durch einen linear verstellbaren Schieber kann die Verstellung vom Verstellmotor aus auch direkt über eine mit Bewegungsgewinde versehene Spindel erfolgen.

Ferner ist allen Ausführungsformen gemeinsam, dass die Zwischenglieder bzw. deren Nockenrollen durch besondere Federn mit den Nocken in Kontakt gehalten werden müssen. Dies wird anhand der Situation bei Nullhub, die bei Zylinderabschaltung vorliegt, unmittelbar einsichtig.

Eine hinsichtlich Bauraum und Teilevielfalt besonders vorteilhafte Variante der drei Ausführungsformen besteht darin, den Bolzen, auf dem die Zwischenglieder gelagert sind, gleichzeitig als Verstellwelle auszubilden, indem er mit Kurvenscheiben versehen, drehbar in den Pendelstützen, dem Gelenkviereck oder dem Schieber gelagert und von einem Verstellmittel, beispielsweise einem Verstellmotor, entsprechend der gewünschten Ventilhubkurve verdreht wird. Bei dieser Variante müssen im Steuergehäuse Gleitstücke für die Kurvenscheiben aus einem Material erhöhter Festigkeit vorgesehen werden. Da der Verstellmotor in der Regel gehäusefest angeordnet sein wird, der Bolzen bzw. die Steuerwelle sich aber bei der Verstellbewegung parallel zu sich selbst verlagert, muss zwischen beiden ein Verbindungselement angeordnet werden, welches diese Verlagerung zulässt. Dieses kann je nach Bauraumbedingungen eine Gelenkwelle, eine Schmidt-Kupplung, eine Oldham-Kupplung oder auch ein Zahnrad- oder Kettengetriebe sein. Bei hydraulischer Betätigung bietet sich auch ein Hebelmechanismus an.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann einschließlich eines Verstellmotors bzw. einer Verstellvorrichtung für jedes Ventil eines Motors separat vorgesehen werden, sodass beliebige Kombinationen von Ventilhuben bzw. Öffnungs-

winkeln der einzelnen Ventile eines Motors möglich sind, einschließlich der Abschaltung einzelner Zylinder. In der Regel wird man aber eine gemeinsame Verstellung mehrerer Ventile vorsehen. Dies gilt insbesondere bei mehrventiligen Motoren für die Ein- und Auslassventile eines Zylinders. Beispielsweise können zwei Einlassventile von einem Nocken über ein Zwischenglied betätigt werden, welches für jedes Ventil eine Steuerkurve aufweist. Da nur ein Zwischenglied und nur ein Bolzen vorhanden ist, werden beide Ventile gemeinsam und gleichzeitig verstellt. Erfindungsgemäß können an dem gemeinsamen Zwischenglied aber auch zwei unterschiedliche Steuerkurven vorgesehen werden mit dem Ergebnis unterschiedlicher Hubkurven an beiden Ventilen trotz gemeinsamer Verstellung. Diese Variante eröffnet insbesondere im untersten Lastbereich die Möglichkeit der Öffnung nur noch eines der beiden Ventile. Der besondere Vorteil dieser Möglichkeit liegt darin, dass im untersten Lastbereich sehr kleine Querschnitte freigegeben werden müssen und sich diese genauer einhalten lassen, wenn sie nur durch ein Ventil freigegeben werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, durch die Öffnung nur eines der Einlassventile einen Drall der Zylinderladung zu erzeugen. Die Möglichkeiten der Erzeugung unterschiedlicher Ventilhubkurven für zwei Ein- oder auch Auslassventile eines Zylinders werden erfindungsgemäß dadurch erweitert, dass zwei unterschiedliche Nocken und zwei Zwischenglieder mit unterschiedlichen Steuerkurven verwendet werden. Dennoch können beide Ventile gemeinsam verstellt werden, da die beiden Zwischenglieder auf einem gemeinsamen Bolzen gelagert sein können.

Es ist weiter möglich, die Zwischenglieder einer größeren Zahl parallel liegender Ventile gemeinsam durch einen Verstellmotor bzw. Mechanismus zu verstellen, insbesondere dann, wenn diese auf einen gemeinsamen Bolzen gelagert sind.

Da es für die Akzeptanz einer variablen Ventilsteuerung, also auch der erfindungsgemäßen Vorrichtung von großer Bedeutung ist, die Verstellleistung gering zu halten und weil diese im belasteten Zustand der Vorrichtung bzw. deren Gleitfugen und Gelenke höher ist als im kraftfreien Zustand, der bei

geschlossenem Ventil weitgehend vorliegt, ist erfindungsgemäß eine Verstellung im Wesentlichen während der gemeinsamen Ruhephasen aller gemeinsam zu verstellender Ventile vorgesehen. Diese werden vom Signal der Kurbelwelle und der Nockenwelle abgeleitet und werden immer kürzer, je mehr Ventile gemeinsam verstellt werden. Deren Zahl ist also begrenzt.

Die gemeinsame Verstellung der Ein- bzw. Auslassventile jeweils nur eines Zylinders ergeben lange, verstellfreundliche Ruhephasen. Sie ermöglicht aber auch eine individuelle Laststeuerung der einzelnen Zylinder mit einer erfindungsgemäßen Verstellstrategie derart, dass für jeden Lastzustand des Gesamtmotors die Drehmomente der einzelnen Zylinder geregelt werden. Dies ist insbesondere im unteren Lastbereich für einen ruhigen Motorlauf wesentlich, da toleranzbedingt die Ventilhube normalerweise nicht genügend übereinstimmen. Die für diese Verstellstrategie erforderlichen Signale werden ebenfalls vom Drehwinkelgeber der Kurbelwelle geliefert und vom Drehwinkelgeber der Nockenwelle den einzelnen Zylindern zugeordnet.

Die weitgehend unabhängige Verstellung der Ein- bzw. Auslassventile bietet die Möglichkeit mittels einer durchgehenden Verstellwelle ausgewählte Ventile abzuschalten, also nicht mehr zu öffnen oder zumindest einen kleineren Ventilhub einzustellen. Hierzu werden Abschnitte der beschriebenen Kurvenscheiben der Verstellwelle bei den nicht abzuschaltenden Ventilen als Rast ausgebildet. Der Rastbereich ist eine Kontur, welche aus einem zur Drehmitte der Verstellwelle konzentrischen Kreisbogen gebildet wird. Bei Verdrehung der Verstellwelle wird der Ventilhub der von den Kurvenscheiben mit Rast gesteuerten Einheiten innerhalb des Wirkungsbereiches der Rast nicht verändert, während der Ventilhub der von den Kurvenscheiben ohne Rast gesteuerten Einheiten verändert wird. Diese Veränderung kann bis zum vollständigen Geschlossenhalten des Ventils ausgeführt werden. Werden alle Einlassventile oder/und Auslassventile des gleichen Zylinders auf diese Weise angesteuert, wird der Ladungswechsel für ausgewählte Zylinder ausgesetzt. Selbstverständlich wird

durch Verwendung eines gerade geführten Ziehkeils mit entsprechender Nockenkontur die gleiche Funktion erreicht. Der Rastbereich ist dann eine Kontur, welche aus einem zur Schieberichtung des Ziehkeils Parallelen gebildet wird.

Durch die erfindungsgemäße Lösung wurde vorteilhaft eine exakte, verschleißarme Verstellereinrichtung für Gaswechselventile gefunden, die darüber hinaus mit großer Genauigkeit arbeitet.

Die Erfindung wird anhand von Zeichnungen einiger Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 die in den Kraftfluss von der Nockenwelle zum Ventil eingeschalteten, beweglichen Teile der erfindungsgemäßen Vorrichtung

Fig. 2 einen Querschnitt unter Verwendung der in Fig.1 dargestellten Teile mit Pendelstütze und Verstellwelle

Fig. 3 eine perspektivische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit Pendelstütze und dem Bolzen als Verstellwelle

Fig. 4 einen Querschnitt durch die Vorrichtung mit Gelenkviereck und Verstellwelle

Fig. 5 eine perspektivische Darstellung der Vorrichtung nach Fig. 4

Fig. 6 einen Querschnitt durch die Vorrichtung mit Schieber, Verstellwelle und Verstellmotor

Fig. 7 schematisch das Zusammenwirken von Motormanagement, Gaspedal, Drehwinkelgeber, Verstellmotoren und Batterie.

Fig. 1 zeigt eine Nockenwelle 1, die einen Nocken 2 trägt. Dieser bewegt die Rolle 3 im Endbereich des Zwischengliedes 4. Das Zwischenglied 4 weist eine Steuerkurve 5 auf, die aus einem Rastbereich 5a und einem Hubbereich 5b zusammengesetzt ist. Das Zwischenglied 4 ist auf einem Bolzen 6 gelagert, dessen Achse 7 auf einer kreisbogenförmigen Verstellkurve 8 geführt ist. Der Mittelpunkt der kreisbogenförmigen Verstellkurve 8 liegt auf der Achse 9 der Rolle 10 des Abtriebsgliedes 11, welches sich über ein Gelenk 12 im nicht dargestellten Gehäuse abstützt und das Ventil 13 betätigt. Es ist klar ersichtlich, dass eine Verstellung der Achse 7 auf der Verstellkurve 8 in Richtung des Pfeils 14 eine Verringerung von Öffnungswinkel und Hub des Ventils 13 zur Folge hat.

Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform, bei der der Bolzen 6 bzw. dessen Achse 7 durch eine Pendelstütze 15 formschlüssig auf der kreisbogenförmigen Verstellkurve 8 geführt ist. Das zylinderkopfseitige Gelenk 16 der Pendelstütze 15 bzw. dessen Achse fällt mit der Achse 9 der Rolle 10 des Abtriebsgliedes 11 zusammen. Die Verstellwelle 17 trägt Kurvenscheiben 18, die über Stößel 18a die Lage des Bolzens 6 bzw. seiner Achse 7 auf der Verstellkurve 8 festlegen. Eine Verstellung der Achse 7 auf der Verstellkurve 8, wie durch den Richtungspfeil 14 dargestellt, wird durch eine Verdrehung der Kurvenscheibe 18 bzw. der Verstellwelle 17 entsprechend dem Richtungspfeil 14a hervorgerufen. Die beschriebene Verstellbewegung hat eine Verringerung von Hub und Öffnungswinkel des Ventils 13 zur Folge.

Fig. 3 zeigt eine perspektivische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit Pendelstütze 15 für Einlassventil 19 und Auslassventil 20 eines Zylinders, herausgegriffen aus einer Reihe von Zylindern bzw. Ventilen. Gut zu erkennen ist das zylinderkopfseitige Gelenk 16 der Pendelstütze 15, dessen Achse mit der Achse 9 der Rollen 10 der Abtriebsglieder 11 zusammenfällt, sodass der Bolzen 6 auf einer kreisbogenförmigen Verstellkurve zwangsgeführt ist. Im Unterschied zu der Ausführungsform nach Fig. 2 übernimmt hier der

Bolzen 6 erfindungsgemäß gleichzeitig die Funktion der Verstellwelle. Er trägt die Kurvenscheiben 18, die sich auf im Gehäuse angebrachte, gehärtete Gleitstücke 21 abstützen und ist in der Pendelstütze drehbar. Über ein geeignetes Verbindungselement ist der Bolzen 6 mit dem gehäusefesten Verstellmotor 23 verbunden. Im vorliegenden Beispiel dient eine Gelenkwelle 22 als Verbindungselement. Diese Ausführungsform bietet erhebliche Vorteile bezüglich Teilevielfalt, aber auch Bauraum im Bereich der eigentlichen Ventilsteuerung. Da außer Gelenkwellen auch andere Verbindungselemente, wie Schmitt-Kupplungen, Oldham-Kupplungen, Zahn- und Kettgetriebe in Frage kommen, ist eine gewisse Flexibilität für die Unterbringung des Verstellmotors 23 gegeben.

Fig. 4 zeigt eine weitere, erfindungsgemäße Ausführungsform für eine Ventil- bzw. Zylinderanordnung wie in Fig. 3 im Querschnitt. Hier wird der Bolzen 6 durch Gelenkvierecke (24, 25, 26, 27) auf einer Verstellkurve 28 zwangsgeführt, die einer Kreisbogenform nahe kommt. Treffen sich die Systemlinien 29 und 30 auf der Achse 9 der Rolle 10 des Abtriebsgliedes 11, so liegt der Momentandrehpol des Bolzens sogar genau dort. Die Abweichungen im übrigen Bereich müssen vom Spielausgleichselement 31 aufgenommen werden. Auch hier könnte der Bolzen 6 die Funktion einer Verstellwelle übernehmen, wie in Fig. 3 gezeigt. Es kann aber auch, wie gezeigt, eine separate Verstellwelle 17 mit Kurvenscheiben 18 angewendet werden. Die gezeigte Ausführungsform ist besonders geeignet für eine Vormontage von Ventilen samt Federn, Hebeln und Spielausgleichselementen im Zylinderkopf als Gehäuseunterteil und eine komplette Vormontage aller übrigen Teile im Steuergehäuse als Oberteil. In dieser Hinsicht ist es vorteilhaft, dass die Lagerböcke 32 für die Gelenke 24 und 26 in der gleichen Ebene verschraubt werden können wie der Deckel 33 des Nockenwellenlagers.

Fig. 5 zeigt eine perspektivische Darstellung der Vorrichtung nach Fig. 4. Es sind Einlassventil 19 und Auslassventil 20 des herausgegriffenen Zylinders besser zu erkennen, sowie die direkte Betätigung des Bolzens 6 durch die Kur-

venscheiben 18. Deutlich zu erkennen ist, dass nicht nur der Bolzen 6 und die Nockenwelle 1 im Gehäuseoberteil, dem Steuergehäuse vormontiert werden können, sondern auch die Verstellwelle 17.

Fig. 6 zeigt einen Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Ausführungsform unter Benutzung eines Schiebers 34, die separat für jedes Ventil oder jedes Ventilpaar eingesetzt werden kann. Auf Grund der separaten Anwendung ergeben sich die längstmöglichen Ruhephasen bzw. gemeinsamen Ruhephasen, sodass eine Verstellung nur während der Ruhephasen leicht möglich ist. Für die erfindungsgemäße Regelung der einzelnen Zylinder ist die separate Anordnung sogar notwendig. Der Bolzen 6 wird bei dieser Ausführungsform durch den Schieber 34 formschlüssig im Gehäuse geführt, sodass seine Achse 7 entlang der Verstellkurve 35, einer Geraden, geführt wird. Diese Gerade nähert einen Kreisbogen um die Achse 9 der Rolle 10 des ruhenden Abtriebsgliedes 11 nur mehr oder weniger gut an. In der Fig. 6 ist die Abweichung übertrieben dargestellt. Dreht sich nun die vom Verstellmotor 23 angetriebene Gewindespindel 36 und verschiebt die Zahnstange 37 um den durch den Pfeil 38a dargestellten Betrag, so dreht sich die Verstellwelle 17 und die Kurvenscheibe 18 entsprechend dem Pfeil 38b und Schieber 34 samt Bolzen 6 in Richtung 38c. Auf Grund der Abweichung der Geraden 35 von der Kreisbogenform muss das Spielausgleichselement 31 um einen bestimmten Betrag einsinken, der durch den Pfeil 38d dargestellt ist.

Fig. 7 zeigt schematisch das Zusammenwirken von Fahrpedal 40, Verstellmotoren 23, Drehwinkelsensor 42 am Schwungrad und Drehwinkelsensor 43 an der Nockenwelle mit dem Motormanagement 44. Ein vom Fahrpedal 40 bzw. einem Sensor für dessen Stellung ausgehendes Signal wird vom Motormanagement 44 in ein Signal an die Verstellmotoren 23 zur Erhöhung oder Erniedrigung der Ventilhübe gewandelt. Nach Erreichen des gewünschten Lastzustandes für den Gesamtmotor wertet das Motormanagement 44 die Signale des hochauflösenden Drehwinkelsensors 42 am Schwungrad aus. Diese wer-

den mit Hilfe des niedrig auflösenden Drehwinkelsensors 43 an der Nockenwelle oder an einer anderen, mit halber Kurbelwellendrehzahl laufenden Welle, den einzelnen Zylindern zugeordnet. Mit diesen Informationen gehen Signale an die einzelnen Verstellmotoren 23 zur Nivellierung der Drehmomentspitzen oder der Kurbelwellendrehzahl, in dem die Ventilhubbe der Zylinder mit kleineren Drehmomenten nach oben korrigiert werden und diejenigen der Zylinder mit größeren Drehmomenten nach unten. Erfindungsgemäß findet eine Verstellung, ob mit oder ohne Ausgleich, während der gemeinsamen Ruhephasen der von einem Verstellmotor bedienten Ventile statt. Deren Phasenlage entnimmt das Motormanagement 44 dem Sensor 43 an der Nockenwelle nebenbei.

Bezugszeichenliste

- 1 Nockenwelle
- 2 Nocken
- 3 Rolle
- 4 Zwischenglied
- 5 Steuerkurve
- 5a Rastbereich
- 5b Hubbereich
- 6 Bolzen
- 7 Achse
- 8 Verstellkurve
- 9 Achse
- 10 Rolle
- 11 Abtriebsglied
- 12 Gelenk
- 13 Ventil
- 14 Pfeil
- 14a Richtungspfeil
- 15 Pendelstütze
- 16 Gelenk
- 17 Verstellwelle
- 18 Kurvenscheibe
- 18a Stößel
- 19 Einlassventil
- 20 Auslassventil
- 21 Gleitstück
- 22 Gelenkwelle
- 23 Verstellmotor
- 24 Gelenkviereck
- 25 Gelenkviereck

- 26 Gelenkviereck
- 27 Gelenkviereck
- 28 Verstellkurve
- 29 Systemlinie
- 30 Systemlinie
- 31 Spielausgleichselement
- 32 Lagerbock
- 33 Deckel
- 34 Schieber
- 35 Verstellkurve
- 36 Gewindespindel
- 37 Zahnstange
- 38a Pfeil
- 38b Pfeil
- 38c Richtung
- 38d Pfeil
- 40 Fahrpedal
- 42 Drehwinkelsensor
- 43 Drehwinkelsensor
- 44 Motormanagement

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur variablen Betätigung von Gaswechselventilen für Verbrennungsmotoren, bei welcher sich ein oder mehrere Nocken (2) einer in einem Gehäuse gelagerten Nockenwelle (1) abhängig von der Motordrehzahl drehen, der Nocken (2) zunächst ein Zwischenglied (4) antreibt, welches eine oszillierende, reine Drehbewegung ausführt, dessen Drehachse (7) im Gehäuse parallel zu sich selbst entlang einer Verstellkurve (8) verschiebbar ist, das eine Steuerkurve (5) mit einem Rastbereich (5a) und einem Hubbereich (5b) aufweist, und über diese Steuerkurve (5) ein Abtriebsglied (11) betätigt, das seinerseits mindestens ein Ventil (13) betätigt, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Zwischenglied (4) auf einer Lagerung mit einer Achse entsprechend der Drehachse (7) gelagert, diese Lagerung über ein mit dem Zylinderkopf oder dem Gehäuse verbundenes Gelenk (16, 24, 26) oder einen formschlüssig im Gehäuse geführten Schieber (34) zwangsgeführt und parallel auf der Verstellkurve (8, 28, 35) verschiebbar angebracht ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Zwischenglied (4) auf einem Bolzen (6) gelagert ist, dessen Achse (7) die Drehachse des Zwischengliedes (4) ist.
3. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Bolzen (6) durch Pendelstützen (15) mit dem Gehäuse verbunden und seine Achse (7) auf einer kreisbogenförmigen Verstellkurve (8) geführt wird.
4. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Bolzen (6) durch Gelenkvierecke (24, 25, 26, 27) mit dem

Gehäuse verbunden und seine Achse (7) auf einer annähernd kreisbogenförmigen Verstellkurve (28) geführt wird.

5. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Bolzen (6) über den formschlüssig im Gehäuse geführten Schieber (34) mit dem Gehäuse verbunden ist und seine Achse (7) auf einer Geraden (35) geführt wird.
6. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein hydraulisches Spielausgleichselement (31) am Abtriebsglied (11) angeordnet ist.
7. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Position des Bolzens (6) bzw. seiner Achse (7) direkt oder indirekt auf der Verstellkurve (8, 28, 35) mittels mindestens einer Kurvenscheibe (18) oder eines Nockens eingestellt wird und sich der Bolzen (6) bzw. seine Achse (7) bezüglich der Verstellkurve (8, 28, 35) im Wesentlichen in tangentialer Richtung gegenüber dem Gehäuse abstützt.
8. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Hydraulikeinheit dem Bolzen (6) bzw. seiner Achse (7) direkt oder indirekt die jeweils verlangte Position auf der Verstellkurve (8, 28, 35) vorgibt und diesen bezüglich der Verstellkurve (8, 28, 35) in tangentialer Richtung gegenüber dem Gehäuse abstützt.
9. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zu verdrehenden Kurvenscheiben (18) auf einer Verstellwelle (17) angeordnet sind, welche über einen Verstellmotor (23) und, sofern erforderlich, ein Getriebe verstellt wird.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 5 bis 9, **gekennzeichnet durch einen Verstellmotor (23) und eine Gewindespindel (36), die den Schieber (34) in die jeweils verlangte Position bringt.**
11. Brennkraftmaschine, umfassend mehrere Vorrichtungen nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, wobei jedem Motorventil separat eine der Vorrichtungen zugeordnet ist.
12. Brennkraftmaschine, umfassend mindestens eine Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, wobei jeweils zwei benachbarten, parallelen Ventilen eines Zylinders eine Vorrichtung separat zugeordnet ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **gekennzeichnet durch ein gemeinsames Zwischenglied (4) mit zwei verschiedenen Steuerkurven für die beiden Ventile.**
14. Vorrichtung nach Anspruch 12, **gekennzeichnet durch zwei verschiedene Nocken (2) und zwei Zwischenglieder (4) mit unterschiedlichen Steuerkurven für die beiden Ventile.**
15. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass die Getriebeglieder so ausgelegt sind, dass es mindestens eine Verstellposition für das verschiebbare Zwischenglied (4) gibt, in der während des Umlaufens der Nocken (2) mindestens ein Ventil (13) geschlossen bleibt.**
16. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, **gekennzeichnet durch die gemeinsame, zusammengefasste Betätigung der Ventile mehrerer Zylinder und einen gemeinsamen, durchgehenden Bolzen (6) für alle Zwischenglieder (4) dieser Ventile.**

17. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Bolzen (6) seitens seiner Führung frei drehbar ist, dass er drehfest verbunden eine oder mehrere der Kurvenscheiben (18) trägt und dass er über ein geeignetes Verbindungselement von einem Verstellmotor (23) verdreht werden kann und sich die Kurvenscheiben (18) gegenüber dem Gehäuse abstützen.
18. Vorrichtung nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Kurvenscheiben (18) an im Gehäuse vorgesehenen Gleitstücken (21) aus einem Material erhöhter Härte abstützen.
19. Brennkraftmaschine, umfassend mehrere Vorrichtungen nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9 oder 16 bis 18, **gekennzeichnet durch** eine gemeinsame Verstellwelle (17), welche mindestens eine Kurvenscheibe (18) pro Vorrichtung aufweist und die Kurvenscheibe (18) für mindestens eine Vorrichtung einen Abschnitt aufweist, in welchem bei Verdrehung der Verstellwelle (17) keine Veränderung der Position dieser Vorrichtung erfolgt und die Kurvenscheibe (18) bei mindestens einer anderen Vorrichtung während dieser Verdrehung der Verstellwelle (17) eine Veränderung der Position dieser anderen Vorrichtung bewirkt.
20. Brennkraftmaschine, umfassend mehrere Vorrichtungen nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9 oder 16 bis 18, **gekennzeichnet durch** eine gemeinsame Verstellwelle (17), welche mindestens einen Nocken pro Vorrichtung aufweist und die Nockenkontur für mindestens eine Vorrichtung einen Abschnitt aufweist, in welchem bei Verschiebung der Verstellwelle (17) keine Veränderung der Position dieser Vorrichtung erfolgt und die Nockenkontur bei mindestens einer anderen Vorrichtung während dieser Verschiebung der Verstellwelle (17) eine Veränderung der Position dieser anderen Vorrichtung bewirkt.

21. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern unter Verwendung einer oder mehrerer Vorrichtungen nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass nach Erreichen eines gewünschten Lastzustandes für den Gesamtmotor
- a) Drehwinkelsignale der Kurbelwelle mit einem ersten Drehwinkelsensor (42) am Schwungrad aufgenommen und von einem Motormanagement (44) ausgewertet werden, um Drehungleichförmigkeiten der Kurbelwelle und/oder Drehmomentenspitzen zu detektieren,
 - b) diese mit Hilfe eines zweiten, an der Nockenwelle oder an einer anderen mit halber Kurbelwellendrehzahl laufenden Welle angeordneten Drehwinkelsensors (43) den einzelnen Zylindern zugeordnet werden, und
 - c) mit diesen Informationen Signale erzeugt werden, die an einzelne Antriebe zur Nivellierung der Drehmomentenspitzen und/oder der Kurbelwellendrehzahl gehen, wobei die Nivellierung erreicht wird, indem die Ventilhübe der Zylinder mit kleineren Drehmomenten nach oben korrigiert werden und diejenigen der Zylinder mit größeren Drehmomenten nach unten.
22. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern unter Verwendung einer oder mehrerer Vorrichtungen nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass
- a) jedem Zylinder eine separate Vorrichtung und ein Antrieb zur Betätigung der Vorrichtung zugeordnet sind,
 - b) die Phasenlage der Ruhephasen der einzelnen von einem Antrieb bedienten Ventile ermittelt wird, und

c) die Verstellbewegungen der jeweiligen Vorrichtungen während der gemeinsamen Ruhephasen der von dem jeweiligen Antrieb bedienten Ventile stattfinden.

23. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasenlage der Ruhephasen der einzelnen von einem Antrieb bedienten Ventile durch ein Motormanagement (44) aus dem Signal eines an der Nockenwelle angeordneten Drehwinkelsensors (43) ermittelt wird.